

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

cited in the European Search
Report of EP 01 10 6833.5
Your Ref.: FP01-0008-00EP-SC

PUBLICATION NUMBER : 11118668
PUBLICATION DATE : 30-04-99

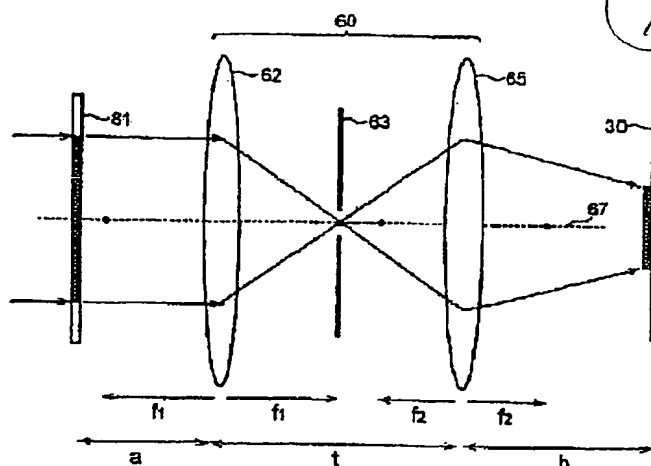
APPLICATION DATE : 16-10-97
APPLICATION NUMBER : 09299512

APPLICANT : SUMITOMO CHEM CO LTD;

INVENTOR : MINOBE MASAO;

INT.CL. : G01M 11/00

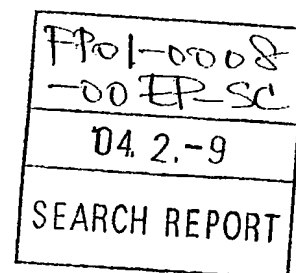
TITLE : METHOD AND APPARATUS FOR
INSPECTING DEFECT OF OBJECT



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To inspect defect of an object quickly and stably by irradiating an object with an inspection light, condensing the transmitted light using an optical unit to form an image and then observing the image.

SOLUTION: A first optical imaging means, i.e., a first convex lens 62, condenses the light transmitted through an object or reflected on the object. An aperture stop 63 is located at the rear local plane of the first convex lens 62 and intercepts one of the scattered light or the direct light transmitted through the object or reflected on the object. A second optical imaging means, i.e., a second convex lens 65, is located in the rear of the aperture stop 63 and focuses the scattered light or the direct light transmitted through the aperture stop 63. The distance between the first and second convex lens 62, 65 is set equal to the local length f_1 of the first convex lens 62, the focal length f_2 of the second convex lens 65 is set equal to the local length f_1 , and the focal length f_2 of the second convex lens 65 is set equal to one half of the local length f_1 .

COPYRIGHT: (C)1999,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-118668

(43) 公開日 平成11年(1999) 4月30日

(51) Int.Cl.⁸

識別記号

F I

G 0 1 M 11/00

G 0 1 M 11/00

T

審査請求 未請求 請求項の数25 F D (全 11 頁)

(21) 出願番号

特願平9-299512

(22) 出願日

平成9年(1997)10月16日

(71) 出願人 000002093

住友化学工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

(72) 発明者 白神 昇

茨城県つくば市北原6 住友化学工業株式
会社内

(72) 発明者 美濃部 正夫

茨城県つくば市北原6 住友化学工業株式
会社内

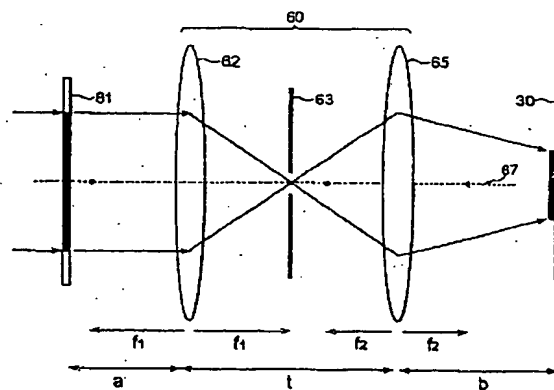
(74) 代理人 弁理士 長谷川 芳樹 (外3名)

(54) 【発明の名称】 物体の欠陥の検査方法および検査装置

(57) 【要約】

【課題】 微妙な色調異常などの物体の欠陥を迅速且つ安定的に検出することができる物体の欠陥検査方法および装置を提供すること。

【解決手段】 検査光を検査対象である物体に照射し、物体を透過した光もしくは反射した光を光学装置を用いて集光することにより物体の像を形成し、この像を観察することにより物体の欠陥を検査する方法において、光学装置として、物体を透過した光もしくは反射した光を集光する第1結像光学手段と、この第1結像光学手段の後方焦点面に配置され物体を透過した光もしくは反射した光のうちの散乱光または直接光のいずれかを遮蔽する開口絞りと、この開口絞りの後方に配置され開口絞りを透過した散乱光または直接光を集光する第2結像光学手段とを備え、焦点距離Fが有限であるものを用いたことを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 検査光を検査対象である物体に照射し、前記物体を透過した光もしくは反射した光を光学装置を用いて集光することにより前記物体の像を形成し、この像を観察することにより前記物体の欠陥を検査する方法であって、前記光学装置は、前記物体を透過した光もしくは反射した光を集光する第1結像光学手段と、この第1結像光学手段の後方焦点面に配置され前記物体を透過した光もしくは反射した光のうちの散乱光または直接光のいずれかを遮蔽する開口絞りと、この開口絞りの後方に配置され前記開口絞りを通過した散乱光または直接光を結像させる第2結像光学手段とを備え、焦点距離Fが有限であることを特徴とする物体の欠陥検査方法。

【請求項2】 前記第1結像光学手段と前記第2結像光学手段との距離 t が前記第1結像光学手段の焦点距離 f_1 に等しいことを特徴とする請求項1に記載の物体の欠陥検査方法。

【請求項3】 前記第2結像光学手段の焦点距離 f_2 が前記焦点距離 f_1 に等しいことを特徴とする請求項2に記載の物体の欠陥検査方法。

【請求項4】 前記物体を前記第1結像光学手段の前方焦点面に配置することを特徴とする請求項3に記載の物体の欠陥検査方法。

【請求項5】 前記第2結像光学手段の焦点距離 f_2 が前記焦点距離 f_1 の2分の1に等しいことを特徴とする請求項2に記載の物体の欠陥検査方法。

【請求項6】 前記物体を前記第1結像光学手段に接するように配置することを特徴とする請求項5に記載の物体の欠陥検査方法。

【請求項7】 前記第1結像光学手段と前記第2結像光学手段との距離 t が前記第2結像光学手段の焦点距離 f_2 に等しいことを特徴とする請求項1に記載の物体の欠陥検査方法。

【請求項8】 前記第1結像光学手段の焦点距離 f_1 が前記焦点距離 f_2 の2分の1に等しいことを特徴とする請求項7に記載の物体の欠陥検査方法。

【請求項9】 前記物体を前記第1結像光学手段の前方において前記第1結像光学手段から前記焦点距離 f_2 だけ離れた位置に配置することを特徴とする請求項8に記載の物体の欠陥検査方法。

【請求項10】 前記検査光が略平行光であることを特徴とする請求項1～9のいずれか一項に記載の物体の欠陥検査方法。

【請求項11】 前記検査光が単色光であることを特徴とする請求項1～10のいずれか一項に記載の物体の欠陥検査方法。

【請求項12】 前記像の観察はその像をスクリーンに投影して行うことを特徴とする請求項1～11のいずれか一項に記載の物体の欠陥検査方法。

【請求項13】 前記物体がカラーフィルタであること

を特徴とする請求項1～12のいずれか一項に記載の物体の欠陥検査方法。

【請求項14】 検査対象である物体を照射する検査光を出力する光源と、前記物体を透過した光もしくは反射した光を集光することにより前記物体の像を形成する光学装置とを備え、

前記光学装置は、前記物体を透過した光もしくは反射した光を集光する第1結像光学手段と、この第1結像光学手段の後方焦点面に配置され前記物体を透過した光もしくは反射した光のうちの散乱光または直接光のいずれかを遮蔽する開口絞りと、この開口絞りの後方に配置され前記開口絞りを通過した散乱光または直接光を結像させる第2結像光学手段とを備え、焦点距離Fが有限であることを特徴とする物体の欠陥検査装置。

【請求項15】 前記第1結像光学手段の焦点距離 f_1 が前記第1結像光学手段と前記第2結像光学手段との距離 t に等しいことを特徴とする請求項14に記載の物体の欠陥検査装置。

【請求項16】 前記第2結像光学手段の焦点距離 f_2 が前記距離 t に等しいことを特徴とする請求項15に記載の物体の欠陥検査装置。

【請求項17】 前記物体の配置位置が前記第1結像光学手段の前方焦点面であることを特徴とする請求項16に記載の物体の欠陥検査装置。

【請求項18】 前記第2結像光学手段の焦点距離 f_2 が前記焦点距離 f_1 の2分の1に等しいことを特徴とする請求項15に記載の物体の欠陥検査装置。

【請求項19】 前記物体を前記第1結像光学手段に接するように配置することを特徴とする請求項18に記載の物体の欠陥検査装置。

【請求項20】 前記第1結像光学手段と前記第2結像光学手段との距離 t が前記第2結像光学手段の焦点距離 f_2 に等しいことを特徴とする請求項14に記載の物体の欠陥検査装置。

【請求項21】 前記第1結像光学手段の焦点距離 f_1 が前記焦点距離 f_2 の2分の1に等しいことを特徴とする請求項20に記載の物体の欠陥検査装置。

【請求項22】 前記物体を前記第1結像光学手段の前方において前記第1結像光学手段から前記焦点距離 f_2 だけ離れた位置に配置することを特徴とする請求項21に記載の物体の欠陥検査装置。

【請求項23】 前記光学装置によって形成される像をその表面において結像させるスクリーンを備えていることを特徴とする請求項14～22のいずれか一項に記載の物体の欠陥検査装置。

【請求項24】 前記光源が略平行光を出力するものであることを特徴とする請求項14～23のいずれか一項に記載の物体の欠陥検査装置。

【請求項25】 前記物体がカラーフィルタであることを特徴とする請求項14～24のいずれか一項に記載の

物体の欠陥検査装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、カラーフィルタ、光学的MMA板（帯電防止ハードコートMMA（メチルメタアクリレート）板、MMAオパール板、他）、光学機能フィルム（偏光フィルム、位相差フィルム、他）等の各種光学材料用物体の欠陥検査方法および欠陥検査装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】光学材料物体は、その要求される光学的特性から、表面もしくは内部の傷、ごみ、異物、凹凸、ピンホール等の欠陥を可能な限り少なくすることが望まれる。特に、液晶表示装置（Liquid Crystal Display Devices）用のカラーフィルタは、高精細かつ美麗な画像を形成させるためにもこれらの光学的欠陥が一切除かれていることが要求される。したがって、カラーフィルタの安定的な製造のためには、高度な製造技術に加えて高感度かつ迅速な製品検査が必要とされる。

【0003】ところで、カラーフィルタの画素の形状異常とか顔料の厚みのムラなどによって生じる色調の異常は極めて微妙なため、この検出を装置化することはなかなか困難とされてきた。したがって、製造現場では、熟練した検査員が暗室のなか特定の波長の光のもとでカラーフィルタを直接的に目視観察する方法が一般に採られてきた。

【0004】これに対して、光源から出射された光でカラーフィルタを照射し、その透過した光もしくは反射した光をCCDカメラで観察し、必要に応じ画像処理等を行った後、カラーフィルタの欠陥を検出する方法が提案されている（特開平6-208017号公報、特開平6-94638号公報）。

【0005】また、フィルムなどの検体における脈理、膨大部などの欠陥を検査する方法として、検体に平行光を入射させてその透過光もしくは反射光をスクリーンに投影し、形成された投影像における明暗部分を観察する方法が知られている（特公昭61-68543号公報）。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかし、前者の方法によれば、光源像がカラーフィルタを通して観察されてしまうため、明るさのムラが大きく、微妙な色調の異常の検出は困難であった。

【0007】また、後者の方法においても、本発明者らの検討の結果によれば、やはり微妙な色ムラ、傷、汚れなどの欠陥を可視化することは困難であった。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明の物体の欠陥検査方法は、このような問題に鑑みて為されたものであり、

検査光を検査対象である物体に照射し、物体を透過した光もしくは反射した光を光学装置を用いて集光することにより物体の像を形成し、この像を観察することにより物体の欠陥を検査する方法であって、光学装置として、物体を透過した光もしくは反射した光を集光する第1結像光学手段と、この第1結像光学手段の後方焦点面に配置され物体を透過した光もしくは反射した光のうちの散乱光または直接光のいずれかを遮蔽する開口絞りと、この開口絞りの後方に配置され開口絞りを通過した散乱光または直接光を結像させる第2結像光学手段とを備え、焦点距離Fが有限であるものを用いたことを特徴とする。

【0009】また本発明の物体の欠陥検査装置は、検査対象である物体を照射する検査光を出力する光源と、物体を透過した光もしくは反射した光を集光することにより物体の像を形成する光学装置とを備え、この光学装置は、物体を透過した光もしくは反射した光を集光する第1結像光学手段と、この第1結像光学手段の後方焦点面に配置され物体を透過した光もしくは反射した光のうちの散乱光または直接光のいずれかを遮蔽する開口絞りと、この開口絞りの後方に配置され開口絞りを通過した散乱光または直接光を結像させる第2結像光学手段とを備え、焦点距離Fが有限であることを特徴とする。

【0010】第1結像光学手段の後方焦点面上には物体のフーリエ変換像が形成される。光の散乱を引き起こす構造が物体上のゴミ、異物、傷のように不規則な場合には、そのフーリエ変換像は中心を極大とした単調減少の強度分布となり、光の散乱を引き起こす構造が規則正しい場合には、その構造に対応した回折パターンが現れる。検査対象物としてのカラーフィルタは後者の例である。いずれにしても、物体のフーリエ変換像には、その中心に直接光に基づく強度極大（0次散乱光）が現れ、その周辺に散乱光に基づく強度分布が現れる。

【0011】開口絞りは、このようなフーリエ変換像の一部を遮蔽して第2結像光学手段の後方に形成される像に寄与する光を選択するものである。フーリエ変換像の中心を通る直接光を含んで形成された像を明視野像といい、散乱光のみで作られた像を暗視野像というが、開口絞りの絞り範囲を調整することにより、明視野像と暗視野像の切り替えが可能である。

【0012】本発明の方法または装置を用いることにより、干渉縞の発生や光源像によるムラが低減された像が光学装置の後方の像空間に形成されるので、物体の色調異常、傷、汚れ等の欠陥が際だって像に現れる。特に、傷、ゴミ、ピンホールといった比較的識別の容易な欠陥検査の場合には明視野像による観察が適しており、微妙な色ムラの検出には暗視野像の観察が適している。

【0013】本発明における第1結像光学手段は、光を収束させるものであれば何でも良い。代表的な第1結像光学手段としては凸レンズもしくは凸レンズの機能をも

った組み合わせレンズであるが、球面ミラーやフレネルレンズ等でも構わない。第2結像光学手段は開口絞りを通過した光で像を結像させるためのものであり、その一般的な例は凸レンズである。後述する実施形態では第1および第2結像光学手段としてそれぞれ凸レンズを用いて説明する。

【0014】検査光は、第1結像光学手段によって高度に集光されるためには、略平行光を用いることが好適である。略平行光は、たとえば、所定の一点から放射状に広がる発散光をレンズ等の光学系を用いてコリメートすることによって得られる。

【0015】開口絞り（空間フィルター）は、第1結像光学手段の後方焦点面上において、通過する光を選択することにより像のコントラストを高めるものである。したがって、この目的にかなうものであれば、いかなる形状のものでも構わない。たとえば、耐熱性シートに穴をあけ、その中心に直接光のみをカットする小さな円板を設けるとか、同心円状に散乱光のみを通す溝をあけたもの等があるが、本発明者らは、最も単純に、耐熱性シートに直径5mm程度の穴をあけ、この耐熱性シートを移動させることにより所望の光を選択して、好結果を得ている。

【0016】また、この開口絞りの光軸上の位置は、本発明の要請から、第1結像光学手段と第2結像光学手段の間になければならない。つまり、第1結像光学手段と第2結像光学手段との距離を t 、第1結像光学手段として凸レンズを用いた場合の後方焦点距離を f_1 とすると $t \geq f_1$ でなければならない。

【0017】像の観察方法としては、像を一度スクリーンに投影して行う方法と、直接CCDカメラ等で観察する方法があり、前者の場合、反射型スクリーンと透過型

スクリーンとがある。反射型スクリーンにはたとえばホワイトボード等があり、この方法では、簡便さに加え最も明るく最も鮮明な像が得られ欠陥の検査に最適であるが、光軸より傾いた方向から観察する必要があり、像が歪むという欠点がある。透過スクリーンにはこの欠点はないが、鮮明さと明るさが低下するようである。CCDカメラで直接観察する方法は像の歪みもなく、明るさ、鮮明さも十分であるが、高価なCCDおよび表示装置を必要とすることに加え、光学系の調整に若干の技術を要する。CCDカメラの場合、カメラの前面に備えているレンズ（像をCCD受光面に形成させる機能を有するもの）を第2結像光学手段として用いることもできる。

【0018】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を参照し、本発明の一実施形態である物体の欠陥検査方法および物体の欠陥検査装置をカラーフィルタを被検査物体とした場合について説明する。

【0019】はじめに、本実施形態による欠陥検査方法および欠陥検査装置に用いられる光学装置の基本構成について図1を参照して説明する。光学装置60は、第1結像光学手段としての第1凸レンズ62、第2結像光学手段としての第2凸レンズ65、および両レンズ間に配置された開口絞り63を備えている。

【0020】第1凸レンズ62の焦点距離を f_1 、第2凸レンズ65の焦点距離を f_2 、第1凸レンズ62と第2凸レンズ65との距離を t 、観察対象であるカラーフィルタ81と第1凸レンズ62との距離を a 、第2凸レンズ65とスクリーン30との距離を b とすると、系全体としての結像公式は、

【0021】

【数1】

$$b = \frac{f_2(f_1 - t)a + f_1 \cdot f_2 \cdot t}{(f_1 + f_2 - t)a - f_1(f_2 - t)} \quad \dots (1)$$

となり、系全体としての焦点距離 F は、

【0022】

【数2】

$$F = \frac{f_1 \cdot f_2}{f_1 + f_2 - t} \quad \dots (2)$$

となり、倍率 m は、

【0023】

【数3】

$$m = \frac{f_1 \cdot f_2}{(f_1 + f_2 - t)a - f_1(f_2 - t)} \quad \dots (3)$$

となる。なお、焦点距離Fは、前側主点から第1凸レンズ62の前方方向（または、後側主点から第2凸レンズ65の後方方向）への距離である。

【0024】かかる構成において、開口絞り63は、第1凸レンズ62と第2凸レンズ65との間において第1凸レンズ62の後方焦点面に配置され、第1凸レンズ62で集光された光のうちの直接光または散乱光のいずれかを選択的に遮蔽する。直接光を遮蔽したときにスクリーン30に形成される像は暗視野像であり、微妙な色ムラの検出に適している。また、散乱光を遮蔽したときにスクリーン30に形成される像は明視野像であり、傷、ゴミ、ピンホールといった比較的識別の容易な欠陥の検出に適している。明視野像と暗視野像の切り替えは、開口絞り63の移動により達成できる。開口絞り63の中央開口部66が図1に示すように光軸67上にある場合には明視野像が形成され、この開口絞り63を光軸67と垂直な方向にずらすことにより開口部66を光軸67から逸脱させると暗視野像が形成される。

【0025】したがって、一般的な検査手順は、カラーフィルタの欠陥が最も観察し易くなるように上記公式(1)(3)にしたがってパラメータを選べばよい。し

$$a_0 = \frac{f1(2 \cdot f2 - t)}{f1 + f2 - t}$$

【0029】

【数6】

$$b_0 = \frac{f2(2 \cdot f1 - t)}{f1 + f2 - t} \quad \dots (7)$$

上記の式(5)から、一般的最小サイズ L_0 は、第1凸レンズ62と第2凸レンズ65との間の距離 t の関数である。

【0030】一方、開口絞り（空間絞り）63は、第1

$$L_0 = 4 \cdot f1 - \frac{f1^2}{f2}$$

である。このようにして、最もコンパクトな系の一つは、 $t = f1$ 、すなわち、図2に示すように、第2凸レンズ65を開口絞り63と密着させて第1凸レンズ62の後方焦点面上に配置させる構成であることがわかる。この構成は系のサイズを最小とし得ることに加えて、つぎのようなメリットも有する。

【0033】すなわち、カラーフィルタ81を透過もしくは反射した光は、第1凸レンズ62により、その後方焦点面に集光されるが、開口絞り63および第2凸レンズ65がちょうどこの焦点面上に設置され、開口絞り6

かし、迅速かつ精度の高い検査のためには明るい像を得る必要があり、そのためには、系のサイズをコンパクトにすることが重要である。

【0026】この配置の場合の系のサイズ L 、すなわち、カラーフィルタ81からスクリーン30までの距離 L は、

$$L = a + b + t \quad \dots (4)$$

で与えられる。そして、 t と $f1$ および $f2$ との間に特別な制約がないとしたときの一般的最小サイズ L_0 はつぎの式(5)で与えられ、倍率 $m_0 = 1$ である。

【0027】

【数4】

$$L_0 = \frac{4 \cdot f1 \cdot f2 - t^2}{f1 + f2 - t} \quad \dots (5)$$

このときの a_0 および b_0 は、それぞれつぎの式(6)および式(7)で与えられる。

【0028】

【数5】

$$\dots (6)$$

凸レンズ62と第2凸レンズ65との間になければならないこと、および $a_0 > 0$ 、 $b_0 > 0$ でなければならないことから、つぎの条件が成り立つ。

【0031】

$$f1 > f2 \text{ のとき、} 2 \cdot f2 > t \geq f1 \quad \dots (8)$$

$$f2 > f1 \text{ のとき、} 2 \cdot f1 > t \geq f1 \quad \dots (9)$$

そこで、式(5)の L_0 は、 $t = f1$ のとき一つの極小値をとることがわかる。このときの L_0 は、

【0032】

【数7】

$$\dots (10)$$

3と第2凸レンズ65との間隔が実質的に零であるため、光がほとんどロスすることなく結像に寄与することになり、きわめて明るい像が得られる。

【0034】第1凸レンズ62の後方焦点面上には検査物体のフーリエ変換像が現れ、開口絞り63により任意の散乱光（回折光）若しくは直接光（0次散乱光）を選択して像を形成させるものであるが、開口絞り63と第2凸レンズ65を一体化できるのでどの光を選んでも像が逃げるということがないという使用上のメリットもあることが判明した。図1に示す一般的な構成・配置では、開口

絞りも3によって選ぶ光を代えるたびに、第2凸レンズ65の位置を調整する必要がある。

【0035】このように、 $t=f_1$ の構成は、系をコンパクトにできることに加え、得られる像が大変鮮明でその上検査の操作が容易であるという利点をもち、カラーフィルタの欠陥検査手法として極めて好ましい。

【0036】つぎに、 $t=f_1$ という条件のもとで、第2凸レンズ65の焦点距離 f_2 と系の大きさとの関係に

$$b=f_1^2/(a+f_1)$$

となり、像倍率は、

$$m=f_1/(a+f_1) \quad \dots (12)$$

となる。

【0039】これらの式から、 $t=f_1=2 \cdot f_2$ のときには、カラーフィルタ81は、第1凸レンズ62前方の任意の位置に置くことができることが判る。また、 $a=0$ のとき、すなわち、カラーフィルタ81を第1凸レンズ62に接するように配置したとき、最大像倍率が得られ、カラーフィルタ81を第1凸レンズ62から離すにしたがって像は単調に小さくなる。

【0040】また、 $t=f_1=2 \cdot f_2$ という構成において $a=0$ とすると、系のサイズを $2f_1 (=2t)$ と非常にコンパクトにでき、その上、カラーフィルタ81と第1凸レンズ62が密着しているため、散乱光のロスが全くなく極めて明るい像が得られる。ただし、この場合には、透過法には適用できるが反射法には使えない。

【0041】さて、 $t=f_1$ の構成において、第1凸レンズ62の焦点距離 f_1 と第2凸レンズ65の焦点距離 f_2 とを等しくすれば、第1凸レンズ62と第2凸レンズ65に対して同一形状、同一材質のレンズを用いることができる。したがって、 $t=f_1=f_2=f$ という構成にすれば、安価に光学装置60を製作できるという利点がある。

【0042】 $t=f_1=f_2=f$ のときの結像公式は、

$$b=f^2/a \quad \dots (13)$$

と、きわめて簡単な式に帰着される。したがって、カラーフィルタおよびスクリーンの位置を簡単に求めることができ作業が容易になることに加え、 $t=f_1$ の特徴として既に述べたように、 a は0および負以外の任意の値をとりうる。すなわち、カラーフィルタ81は第1凸レンズ62の前方の任意の位置に置くことができるというメリットをもつ。このことは、結像光学手段が一個の場合には被検体の位置に禁制領域があることと対照的である。

【0043】この構成における系の最小サイズ L_0 は、 $L_0=3f$ 、 $a_0=f$ 、 $b_0=f$ である。

【0044】すなわち、 $t=f_1=f_2=f$ の構成において、カラーフィルタ81を第1凸レンズ62の前方焦点位置に置くと、像は第2凸レンズ65の後方焦点位置に結像され、系のサイズは $3f$ になることがわかる。こ

ついて検討する。

【0037】既に述べたように、 $t=f_1$ のときの系の一般的最小サイズは、(10)式で与えられる。一方、(8)式に示すように、 f_1 と f_2 の間には $f_2 \geq f_1/2$ という関係があるので、この条件下での L_0 の最小値は、 $f_2=f_1/2$ のときである。

【0038】なお、 $t=f_1=2 \cdot f_2$ のときの結像公式は、

$$\dots (11)$$

のことは、光学装置60としてフーリエ変換レンズを用いた場合と比較して、その系の大きさを $3/4$ にできることを示すものである。

【0045】ここで、参考のためにフーリエ変換レンズについて説明する。本実施形態の光学装置60と類似のレンズ構成をもつものとして、図3に示すような構成のフーリエ変換レンズがある。フーリエ変換レンズというのは、焦点距離 f の2枚の凸レンズ162、165を $2f$ の距離をおいて対向させ、両レンズ間の中央に空間フィルタ163を配置した構成を有し、前側凸レンズの前側焦点面に物体たとえばカラーフィルタ81をおき、後側凸レンズの後側焦点面のスクリーン30に像を形成するものである。

【0046】このフーリエ変換レンズの場合は、系の焦点距離が無窮大である点で、本実施形態の光学装置60とは相違する。すなわち、本実施形態の光学装置60はあくまでも実像を形成するための光学装置であり、系の焦点距離が有限となるように、具体的には、レンズ間距離 t が両レンズの焦点距離の和(f_1+f_2)とは異なる値となるように設計されている。

【0047】また、フーリエ変換レンズの場合には、系の大きさ、すなわち、物体から像までの距離 l が $4f$ に固定されてしまうが、本実施形態の光学装置60の場合は系の大きさを自由に設計することができる。しかも、フーリエ変換レンズの場合と同じように2つのレンズに対して同じ焦点距離のものをを用いた場合、すなわち $f_1=f_2=f$ とした場合でも、系のサイズ l を $l=3f$ まで小さくすることができることは上述したとおりである。

【0048】つぎに、図1に示す一般的な構成を基本とし、レンズ間距離 t と第2凸レンズ65の焦点距離 f_2 との関係に着目して系のサイズを考えてみる。

【0049】まず、上述した式(1)において、 $t=f_2$ とすると、結像公式は、

$$【0050】$$

【数8】

$$b = \frac{f_2(f_1-f_2)a + f_1 \cdot f_2^2}{f_1 \cdot a} \quad \dots (14)$$

となり、倍率は、
【0051】

$$m = \frac{f_2}{a}$$

となる。

【0052】つまり、倍率はカラーフィルタ81の位置および第2凸レンズ65の焦点距離 f_2 のみの関数であり、第1凸レンズ62の焦点距離 f_1 に依存しない。

【0053】この系において最小サイズを得るための式は、一般式における最小サイズの式(5)に $t = f_2$ を代入することにより得られ、

【0054】

【数10】

$$L_0 = \frac{4f_1 \cdot f_2 - f_2^2}{f_1} \quad \dots (16)$$

となる。一方、像が実像であること、および、開口絞り63が両レンズ間にあることから、

$$f_2 \geq f_1 \geq f_2/2 \quad \dots (17)$$

である。この条件下で式(16)の L_0 を最小するのは、

$$f_1 = f_2/2 \quad \dots (18)$$

のときである。すなわち、 $f_2 = t$ 、 $f_1 = f_2/2$ の場合も、系をコンパクトに小さくできるという観点から好適な配置である。

【0055】このときの結像公式は、

$$b = f_2(f_2 - a)/a \quad \dots (19)$$

であり、倍率は、

$$m = f_2/a \quad \dots (20)$$

である。式(19)から $a \leq f_2$ でなければならない。そして、式(20)から倍率は $a = f_2$ のとき最小であり、カラーフィルタ81をレンズに近づけるにしたがって単調に増加する。

【0056】 $f_2 = t$ であり、且つ、式(18)を満たす構成において、系を最小にする条件は、 $a = f_2$ であり、このときの L_0 は $2 \cdot f_2 (= 2t)$ であり、 b は、式(19)から $b = 0$ となる。

【0057】この配置は、系のサイズが $2 \cdot f_2$ と極めてコンパクトであることに加え、 $b = 0$ 、すなわち、第2凸レンズ65とスクリーン30とが密着しているの、透過型スクリーンで像を観察するのに好適である。しかも、透過法にも反射法にも用いることができる。

【0058】以上、図1または図2と共に説明してきた光学装置60を用いたカラーフィルタの欠陥の検査装置の構成図を図4に示す。この検査装置は、平行光源を使用し、検査対象物体であるカラーフィルタの透過光を観察するものである。なお、本実施形態においてカラーフ

【数9】

… (15)

ィルタとは、基板上に、例えばRGB (Red、Green、Blue)などの着色層の少なくとも一色を持つ色フィルタをいい、この基本的な構成に保護層や電極層が付加させたものも包含される。具体的には、例えば、透明基板の上にR、G、B、の少なくとも一色の層が形成されたもの、同基板上にブラックマトリクスが形成され、その間にRGBカラーフィルタ層が形成されたもの、更にその上に必要に応じてオーバーコート層が設けられたもの、更に、次いでその上に透明電極が形成されているもの、およびそれらの構成を基本として更に付加的な層を有するものをいう。

【0059】また、カラーフィルタの製造方法として、染色法、顔料分散法、印刷法、および電着法があるが、いずれの製造方法によって製造されたカラーフィルタについても本発明の検査方法および検出装置は適用可能である。また、カラーフィルタの製造における各工程の中間製品および最終製品についても本発明の検査方法および検査装置は適用可能である。

【0060】図4に示すように、この装置は、(a)検査対象であるカラーフィルタ81に照射する検査光 L_2 1を出力する平行光源12と、(b)カラーフィルタ81を保持するとともに、検査光 L_2 1の光軸とカラーフィルタ81の受光面との成す角を変化させる入射角可変保持器20と、(c)検査光 L_2 1の照射の結果カラーフィルタ81を透過する光 L_2 3を集光し、投影光 L_2 5として出射することにより、カラーフィルタ81の像を像空間に形成する光学装置60と、(d)光学装置60による像をその表面において結像させる投影スクリーン30と、(e)投影スクリーン30に投影された投影光 L_2 5の投影像を撮像する撮像器40と、(f)撮像器40による撮像結果を収集し表示するとともに、入射角可変保持器20に検査光 L_2 1の光軸とカラーフィルタ81の受光面との成す角を指示し、さらに、光学装置60の鏡筒61の位置を鏡筒保持器64に指示する処理部50とを備える。

【0061】すでに、その基本構成を詳しく説明したように、光学装置60は凸レンズ62、65と、両レンズ間に設けられた開口絞り63とを備えている。そして、これらの各光学要素は鏡筒61により所定の位置関係を保って支持されている。この鏡筒61は鏡筒保持器64によって検査光 L_2 1がカラーフィルタ81を透過した光の光軸(検査光 L_2 1の光軸と一致している)に略垂直な移動面に沿って移動可能に保持されている。鏡筒61の前記移動面上の位置は、上述したように処理部50

から鏡筒保持器64に与えられる指示に基づいて決定される。

【0062】平行光源12は、高圧水銀ランプやキセノンランプ等の高輝度の点光源11と、この点光源11から出力された光を平行化するコリメートレンズ系13を備えているものであるが、これに代えて、反射鏡等を用いて太陽光線を利用するものでもよい。

【0063】平行光源12から出力される検査光は、単色光でも白色光でもよく、それぞれに利点がある。白色光は検査対象物体が本実施形態のようにカラーフィルタの場合には、R、G、Bの各々の画素をそのカラーで観察することができるという利点や、色ムラの原因がR、G、Bのいずれに基づくものかを解析することができるという利点がある。また、色ムラによっては単色光を用いた方が鮮明に現れる場合も多い。

【0064】このように構成された本実施形態の装置は、以下のようにしてカラーフィルタの欠陥の検査方法を実行する。

【0065】まず、処理部50がカラーフィルタ81を保持した入射角可変保持器20に指示して、検査光の光軸とカラーフィルタ81の検査光の受光面とが所定の角度で交差（例えば、直交）するように設定する。

【0066】この状態で、平行光源12から出力された検査光L21をカラーフィルタ81に照射する。検査光L21の照射に応じてカラーフィルタ81を透過した透過光L23は、光学装置60により集光され、投影光L25として投影スクリーン30に到達する。この際、開口絞り63により散乱光を遮蔽した場合は、直接光のみによって像が形成され（明視野像）、直接光を遮蔽した場合は、散乱光によって像が形成される（暗視野像）。

【0067】投影スクリーン30はカラーフィルタ81の像が最も鮮明になる位置に設置されている。この投影像は、カラーフィルタ81の状態、すなわち、色調の異常などの欠陥を反映しているとともに、干渉縞の発生や光源像によるムラが低減されている。特に、カラーフィルタ81表面で発散する光を光学装置60により像面に集光されるため、光学装置60を用いない場合に比べて投影像が鮮明に映し出されるため、微小な異物や傷等の欠陥を高感度に検出することができる。

【0068】こうして、投影スクリーン30に投影された投影像を、撮像器40が撮像し、撮像結果を処理部50が収集する。処理部50は、収集した撮像結果に基づいた画像処理結果を表示するとともに、必要に応じて、撮像結果や処理結果の格納あるいは印刷を行う。

【0069】そして、処理部50による表示結果、格納結果、または印刷結果に基づいてカラーフィルタ81の欠陥を検出する。投影スクリーン30に投影された投影像では、干渉縞の発生や光源像によるムラが低減されているので、微妙な色調の異常などの欠陥の判別が可能となる。

【0070】なお、この実施形態では物体を透過した光で像を形成しているが、物体に光を照射し、その反射光で像を形成してもよい。

【0071】カラーフィルタ81の面積が大きい場合には、検査光L21が略平行光であることを考え合わせると、光学装置60では、カラーフィルタ81の一部分しか投影スクリーン30に映し出すことができない。そこで、この実施形態では、光学装置60の鏡筒61が、透過光L23の光軸と略垂直な面において平行移動できるようになっている。

【0072】鏡筒61の平行移動は鏡筒保持器64が処理部50からの指示を受けて達成される。すなわち、鏡筒保持器64は鏡筒61が透過光L23の光軸と略垂直な面において平行移動できるよう機構を備えており、この平行移動機構により鏡筒61を主走査および副走査することにより結果としてカラーフィルタ81の全面を投影スクリーン30上に映し出すことができる。

【0073】本実施形態では鏡筒61を平行移動させているが、これに代えてカラーフィルタ81を検査光L21の光軸と略垂直な面において平行移動させてもよい。

【0074】また、本実施形態では撮像器40を用いているが、これに代えて、目視によって投影スクリーン30上の投影像を観察して、カラーフィルタ81の欠陥を検出することも可能である。この場合にも、投影スクリーン30に投影された投影像では、干渉縞の発生や光源像によるムラが低減されているので、微妙な色調の異常などの欠陥の判別が可能となる。

【0075】次に、上述した検査動作が実行されても、投影像内の光強度変化が緩やかで、欠陥の有無がはっきりとしない場合がある。

【0076】こうした場合には、処理部50から入射角可変保持部20へ、検査光L21の光軸とカラーフィルタ81の検査光L21の受光面との成す角度の変更を指示する。角度の変更後または角度を変更しつつ、再度、上記と同様にして、検査光L21をカラーフィルタ81に照射し、カラーフィルタ81を透過した透過光L23を投影スクリーンに投影して投影像を観察する。前回の観察のときと略同一の光強度変化が短い像内距離で発生した投影像や、厚みにムラのある層中における厚みのムラに伴う光路長の差を変化させた投影像を観察することになるので、精度よく欠陥を検査できる。

【0077】光学装置60の第1凸レンズ62および第2凸レンズ65はいずれも1枚レンズであるが、凸レンズの機能をもった組み合わせレンズや球面ミラーなどのように、光を収束させることのできるものであれば他の結像光学手段であってもよい。

【0078】また、開口絞り63は、第1凸レンズ62の後方焦点面上において通過する光を選択することにより像のコントラストを高めるものである。したがって、この目的にかなうものであれば、いかなる形状のもので

も構わない。たとえば、耐熱性のシートに穴をあけ、その中心に直接光のみをカットする小さな円板を設けるとか、同心円状に散乱光のみを通す溝をあけたもの等がある。本発明者らは、最も単純に、耐熱性シートに直径5mm程度の穴をあけ、この耐熱性シートを光軸と垂直な方向に移動させることにより所望の光を選択して、好結果を得ている。また、開口絞り63の光軸上の位置は、第1凸レンズ62と第2凸レンズ65との間になければならないことは既に述べたとおりであり、レンズ間距離 t と第1凸レンズ62の焦点距離 f_1 との間には $t \geq f_1$ の関係がある。

【0079】最後に、本発明の欠陥検査方法により得られた像を撮影した写真を図5～図7に示す。

【0080】図5は、ハードコートPMMA板に対して589nmの波長の光を照射し、その反射光を光学装置60で集光したときにスクリーン30に形成された像を示すものであり、開口絞り63の調整により明視野像としている。なお、中央の大きな円は注目箇所を示すためにハードコートPMMA板上に予め描いたものであり、欠陥ではない。このときの光学装置60に関する条件は次の通りである。第1および第2凸レンズの焦点距離 f_1 および f_2 がそれぞれ25cm、レンズ間距離 t が25cm、物体と第1凸レンズとの距離 a が12cm、第2凸レンズまたは開口絞りとスクリーンとの距離 b が52cmである。

【0081】図6はSTNタイプのカラーフィルタに検査光を照射し、その透過光を光学装置60で集光して暗視野像をスクリーン30上に形成したときの写真である。中央部に色ムラが現れていることがわかる。この実施例の場合も、図5と場合と同様に $f_1 = f_2 = t = 25\text{cm}$ 、 $a = 12\text{cm}$ 、 $b = 52\text{cm}$ である。

【0082】図7はTFTタイプのカラーフィルタに検

査光を照射し、その反射光を光学装置60で集光して暗視野像をスクリーン30上に形成したときの写真である。中央部にある黒い点は、表面にスピンコートを行った際の回転中心部に現れるいわゆる「ヘソムラ」である。これが暗視野像として鮮明に現れていることが判る。この実施例の場合も、図5と場合と同様に $f_1 = f_2 = t = 25\text{cm}$ 、 $a = 12\text{cm}$ 、 $b = 52\text{cm}$ である。

【0083】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の物体の欠陥検査方法および欠陥検査装置を用いると、目視では困難であった微妙な色調異常や傷などが鮮明に現れるため迅速且つ安定的に物体の欠陥を検査することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態である物体の欠陥検査装置に用いる光学装置60の基本構成を示す配置図。

【図2】光学装置60の好適な配置を示す図。

【図3】従来のフーリエ変換レンズの構成を示す図。

【図4】本発明の一実施形態である物体の欠陥検査装置を示す構成図。

【図5】この実施形態の装置を用いて形成された像を写した写真。

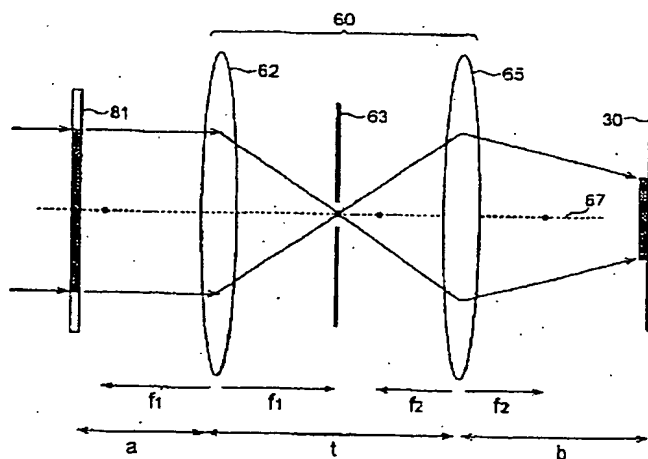
【図6】この実施形態の装置を用いて形成された像を写した写真。

【図7】この実施形態の装置を用いて形成された像を写した写真。

【符号の説明】

11…点光源、12…平行光源、20…入射角可変保持器、30…投影スクリーン、40…撮像器、50…処理部、60…光学装置、61…鏡筒、62…第1凸レンズ、63…開口絞り、65…第2凸レンズ、81…カラーフィルタ。

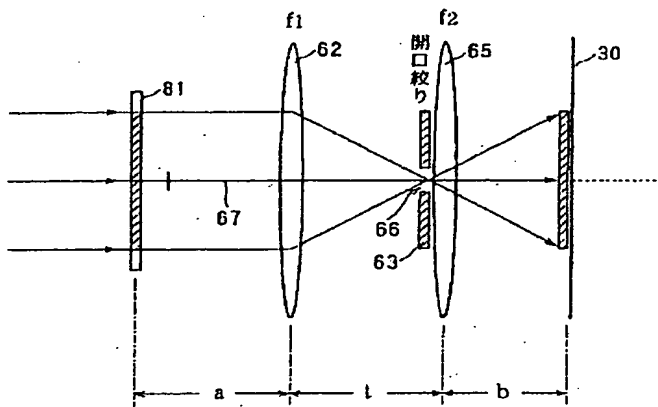
【図1】



【図6】

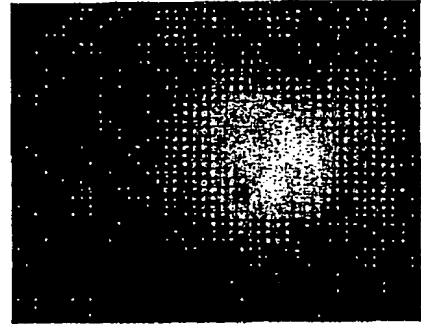


【図2】

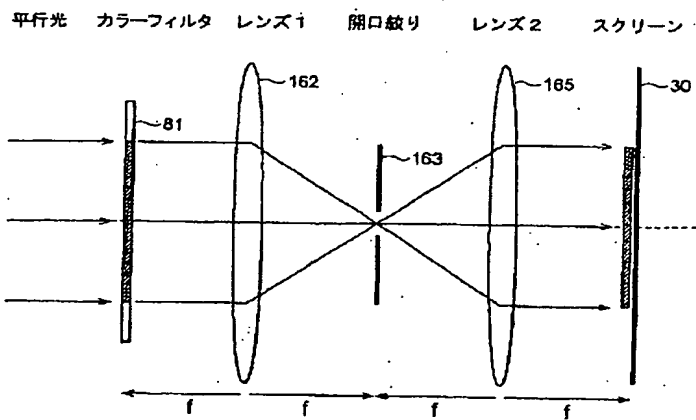


【図7】

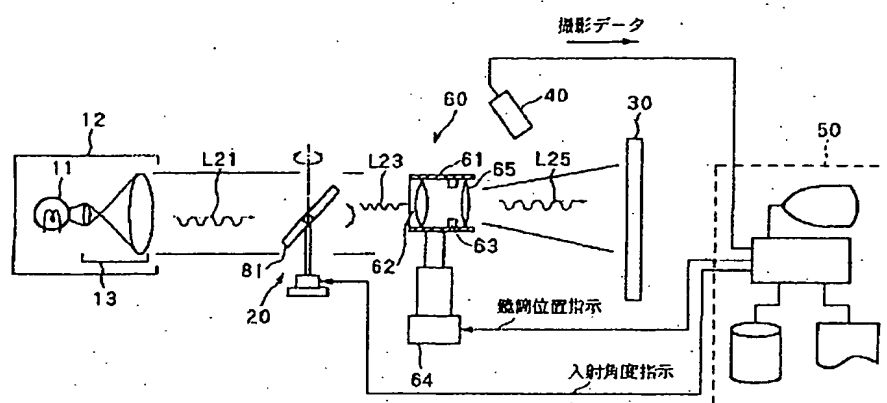
図面代用写真



【図3】



【図4】



【図5】

図面代用写真

